

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Makoto KAWABATA, et al.**

Group Art Unit: **Not Yet Assigned**

Serial No.: **Not Yet Assigned**

Examiner: **Not Yet Assigned**

Filed: **April 20, 2004**

For: **MAGNETIC RING UNIT AND MAGNETIC MEMORY DEVICE**

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Date: April 20, 2004

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

Japanese Appln. No. 2003-118198, filed April 23, 2003

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,

ARMSTRONG, KRATZ, QUINTOS,
HANSON & BROOKS, LLP

Mel R. Quintos
Attorney for Applicants
Reg. No. 31,898

MRQ/jaz
Atty. Docket No. **040129**
Suite 1000
1725 K Street, N.W.
Washington, D.C. 20006
(202) 659-2930



23850

PATENT TRADEMARK OFFICE

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日 2003年 4月23日
Date of Application:

出願番号 特願2003-118198
Application Number:

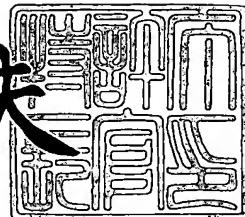
[ST. 10/C] : [JP2003-118198]

出願人 学校法人慶應義塾
Applicant(s):

2004年 3月29日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 000000453
【提出日】 平成15年 4月23日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G11C 11/155
【請求項の数】 3
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区日吉3-14-1 慶應義塾大学
理工学部内
【氏名】 川端 誠
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区日吉3-14-1 慶應義塾大学
理工学部内
【氏名】 針井 一哉
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区日吉3-14-1 慶應義塾大学
理工学部内
【氏名】 齊藤 英治
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区日吉3-14-1 慶應義塾大学
理工学部内
【氏名】 宮島 英紀
【特許出願人】
【識別番号】 899000079
【氏名又は名称】 学校法人慶應義塾
【代理人】
【識別番号】 100105337
【弁理士】
【氏名又は名称】 真鍋 潔

【選任した代理人】

【識別番号】 100072833

【弁理士】

【氏名又は名称】 柏谷 昭司

【選任した代理人】

【識別番号】 100075890

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 弘一

【選任した代理人】

【識別番号】 100110238

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 壽郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 075097

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気リングユニット及び磁気メモリ装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 外径の中心点に対して内径の中心点が偏心した位置にある偏心リング状の磁性体リングを少なくとも有することを特徴とする磁気リングユニット。

【請求項2】 上記偏心リング状の磁性体リングが、互いに保磁力の異なる一対の磁性体リングからなるとともに、前記一対の磁性体リングの間に非磁性層を介在させたことを特徴とする請求項1記載の磁気リングユニット。

【請求項3】 半導体基板上に、互いに交差する方向に配置されたワード線とビット線との交差領域にそれぞれ配置され、磁化回旋方向が可変な第1の磁性体層と磁化回旋方向が固定された第2の磁性体層とが非磁性中間層を介して積層された磁気抵抗記憶素子と、前記ビット線に交差する方向に配置されたセンス線をゲートとするアクセストランジスタとを備えた磁気メモリ装置において、前記磁気抵抗記憶素子が、少なくとも外径の中心点に対して内径の中心点が偏心した位置にある偏心リング状の第1の磁性体リングと、前記第1の磁性体リングより保磁力の大きな偏心リング状の第2の磁性体リングと、前記第1の磁性体リングと第2の磁性リングとの間に設けられた非磁性層からなることを特徴とする磁気メモリ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は磁気リングユニット及び磁気メモリ装置に関するものであり、特に、磁気リングユニットの磁化回旋方向を再現性良く制御するための構成に特徴のある磁気リングユニット及び磁気メモリ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、微細加工技術の進展により磁気記録媒体や磁気記憶装置の急激な高密度化と小型化が進み、記録密度はほぼ理論的な限界に達している。

この様な磁気記録媒体や磁気記憶装置においては、磁性体の局所的な磁気モーメントMの向きを「0」か「1」かのデジタル情報に対応させている。

【0003】

例えば、磁気記憶装置である磁気ランダムアクセスメモリ装置（M R A M : magnetic random access memory）は、磁性構造に電流を流して、磁性体における電子のスピンの向きによって抵抗値が変化することを利用したメモリデバイスであり、メモリセルを構成する磁性構造としてはGMR（Giant Magneto Resistance）素子或いはTMR（Tunneling Magneto Resistance）素子が検討されている（例えば、特許文献1或いは特許文献2参照）。

なお、この様なM R A Mには大きな抵抗変化が要求されているため、研究開発には主にTMR素子構造が用いられている。

【0004】

この様な磁気記憶装置や磁気記録媒体を高密度に集積させると磁気記憶装置や磁気記録媒体を構成する磁性体ユニット同士は互いに近接して配列されることになるが、磁性体の磁極、即ち、N極或いはS極を近接させた場合、異極同士が交互に並ぶ時に静磁エネルギーが最小になる。

これ以外の磁極配列では熱攪乱やトンネル現象により徐々に最小エネルギー状態に遷移し、記録情報が消滅する。

【0005】

この様に、記録データが自然消滅してしまうことは磁気記録媒体や磁気記憶装置として致命的欠陥であるため、上述の磁気的相互作用による記録情報の消滅を防ぐためには、情報を担う磁性体ユニット同士の磁気的相互作用を極力低減する必要がある。

【0006】

そのための有力な方法の一つとして、ナノスケールのリング形状の磁性体、即ち、ナノリングユニットを記録ユニットとして用いることが提案されている（例えば、特許文献3或いは非特許文献1参照）。

【0007】

図10参照

図10は、ナノリングユニットの概念的構成図であり、ナノリングユニットは、直径が100nm程度のリングを磁気異方性の小さいパーマロイ(FeNi合金)等の強磁性体で作製したものであり、矢印で示す磁束を内部に閉じ込める磁気還流構造が形成されている。

【0008】

この様な磁気還流構造では、磁束の左回りと右回りとではエネルギー的に等しいので、回旋方向を「0」か「1」かのデジタル情報に対応させることによって磁気メモリセルを構成するものである。

【0009】

この磁気還流構造は磁束漏洩がないため、ナノリングユニット間の磁気的相互作用が極めて小さく、したがって、ナノリングユニットを高密度に配列させてもナノリングユニットに書き込んだ情報データは安定に保持されることになるため、400Gbit/in²(≈62Gbit/cm²)程度の記録密度の達成が可能になり、現在の記録密度の10倍以上の高記録密度となる。

【0010】

上述のように、強磁性ナノリングユニットは、磁気記録媒体や磁気記憶装置として非常に優れた特性を有するものの、磁束の左回りと右回りとではエネルギー的に等しいため、実用化のためには、磁束の回旋方向を制御する必要がある。

【0011】

図11(a)乃至(c)参照

即ち、図11(a)に示す外部磁場の印加により形成された対向磁区構造が、磁場を0にして磁気還流構造へと変化する過程で、図11(b)に示す左回りになるか図11(c)に示す右回りになるかをエネルギー的に制御することができないためである。

【0012】

そこで、上記の特許文献3においては、強磁性ナノリングユニットの中心を貫通する非磁性導体を設け、この非磁性導体に流す電流の方向により旋回方向を規定している。

また、強磁性ナノリングユニットの表面に回転対称からずれた位置に局所的に反強磁性体パターンを設け、この反強磁性体パターンに付与した磁化方向によりピンド層の磁化方向を固定している。

【0013】

また、他の方法としては、ナノリングにくびれ等を入れて磁壁をピン止めすることで回旋方向を制御することも提案されている（例えば、非特許文献2参照）

。

【0014】

【特許文献1】

特開2003-031776号公報

【特許文献2】

特開2002-299584号公報

【特許文献3】

特開2001-084758号公報

【非特許文献1】

Journal of Applied Physics, Vol. 87, No. 9, pp. 6668-6673, 1 May 2000

【非特許文献2】

Applied Physics Letters, Vol. 78, No. 21, pp. 3268-3270, 21 May 2001

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記の特許文献1においては、貫通導体とナノリングとの間の絶縁を完全にする必要があるが、そのためにはピンホールのない絶縁膜をトンネル現象が起こらない程度以上の厚さに形成する必要があり、また、反強磁性体パターンを必要とするという問題がある。

【0016】

また、上記の非特許文献2においては、磁壁のピン止め効果を利用しているため、熱的に脆性であり、室温での安定した動作は期待できないという問題がある

。

【0017】

したがって、本発明は、ピン止め等の熱過程を用いずに簡単な構造により磁束の回旋方向を自由に且つ再現性良く制御することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】

図1は本発明の原理的構成の説明図であり、この図1を参照して本発明における課題を解決するための手段を説明する。

図1（a）及び（b）参照

(1) 本発明は、磁気リングユニットにおいて、外径の中心点に対して内径の中心点が偏心した位置にある偏心リング状の磁性体リング1を少なくとも有することを特徴とする。

【0019】

この様な偏心リング状の磁性体リング1においては、図に示すように、外部磁場の印加により形成された対向磁区構造が、磁場を0にして磁気還流構造へと変化する過程で磁壁2，3がリング幅の細い方向へ移動するため、リング幅の太い側の磁気モメント方向に回旋した磁気還流構造となり、外部磁界の印加方向によって回旋方向を再現性良く制御することができる。

【0020】

(2) また、本発明は、上記(1)において、偏心リング状の磁性体リング1が、互いに保磁力の異なる一対の磁性体リングからなるとともに、一対の磁性体リングの間に非磁性層を介在させたことを特徴とする。

【0021】

この様に、磁性リング／非磁性層／磁性リングからなる積層構造とし、一対の磁性体リングの保磁力が互いに異なるように構成することによって、磁気センサ或いは磁気メモリセルを構成することができる。

なお、この場合の非磁性層をCu, Au, Cr等の導電層で構成することによりGMR素子とことができ、非磁性層をAl₂O₃, SiO₂等のトンネル絶縁膜で構成することによりTMR素子とができる。

【0022】

(3) また、本発明は、半導体基板上に、互いに交差する方向に配置されたワード線とビット線との交差領域にそれぞれ配置され、磁化回旋方向が可変な第1の磁性体層と磁化回旋方向が固定された第2の磁性体層とが非磁性中間層を介して積層された磁気抵抗記憶素子と、ビット線に交差する方向に配置されたセンス線をゲートとするアクセストランジスタとを備えた磁気メモリ装置において、磁気抵抗記憶素子が、少なくとも外径の中心点に対して内径の中心点が偏心した位置にある偏心リング状の第1の磁性体リングと、第1の磁性体リングより保磁力の大きな偏心リング状の第2の磁性リングと、第1の磁性体リングと第2の磁性体リングとの間に設けられた非磁性層からなることを特徴とする。

【0023】

この様に磁気抵抗記憶素子として磁性リング／非磁性層／磁性リングからなる磁気リングユニットを用いることによって、複雑な構成や熱過程を要することなく、信頼性に優れた高記録密度磁気メモリ装置を実現することができる。

【0024】

【発明の実施の形態】

ここで、図2乃至図6を参照して本発明の第1の実施の形態の磁気リングユニットを説明するが、まず、図2及び図3を参照して磁気リングユニットの製造工程を説明する。

図2参照

図2 (a) 及び (b) 参照

図2 (a) は平面図であり、図2 (b) は図2 (a) におけるA-A'を結ぶ一点鎖線に沿った概略的断面図である。

まず、シリコン基板11上に厚さが、例えば、100nmのフォトレジスト層12を塗布し、露光・現像することによって、リング状凹部13を形成する。

【0025】

この場合、例えば、リング状凹部13の外径は500nmとし、また、内部の突起部14の平面形状としては長軸が350nmで短軸が250nmの橍円とし、橍円の中心点が、外径の中心点から短軸方向に50nmずれた偏心リング形状

とする。

【0026】

図2 (c) 参照

次いで、スパッタ法によって、NiFe層15を全面に厚さが、例えば、20 nmになるように堆積させる。

【0027】

図3 (d) 参照

次いで、フォトレジスト層12を除去することによって、リング状凹部13に堆積したNiFe層15が磁気リングユニット16となる。

【0028】

図3 (e) 参照

図3 (e) は、この様にして作製した磁気リングユニット16の配列状態を示す平面図であり、磁気リングユニット16が約 $2\mu\text{m}$ のピッチでマトリクス状に配列されている。

【0029】

次に、図4乃至図6を参照して、磁気リングユニットの磁気モーメント回転方向制御原理を説明する。

図4 (a) 参照

まず、磁気リングユニット16の偏心方向と垂直な方向に磁場を印加して、磁壁17, 18を介してリング幅の太い磁区19とリング幅の細い磁区20とが対向する対向磁区構造を形成する。

【0030】

図4 (b) 参照

次いで、磁場を0にするにしたがって磁壁17, 18がリング幅の細い磁区20側に徐々に移動する。

これは、磁壁エネルギー ϵ がリングの円周上で偏心に起因して勾配 $\nabla\epsilon$ を有するため、磁壁17, 18に応力 f ($=-\nabla\epsilon$) がかかるためである。

【0031】

図4 (c) 及び図4 (d) 参照

引き続いて、磁壁17, 18はリング幅の細い磁区20側にさらに移動し、遂には磁気還流構造が形成される。

この時、磁気還流構造の回旋方向はリング幅の太い磁区19の磁気モーメントの方向と一致することになる。

【0032】

この様な状態の磁気リングユニット16をMFM（磁気力顕微鏡）によって観察すると、全ての磁気リングユニット16が同じ回旋方向の磁気還流構造になっていることが確認された。

なお、外部磁場の印加方向を逆にすると、リング幅の太い磁区19の磁気モーメントの方向は図4（a）の場合と反対方向となるので、回旋方向も反対になる。

【0033】

図5参照

図5は、磁気リングユニットのヒステリシス特性の説明図であり、3 [kOe] の磁場を印加することによって、安定な磁気還流構造が形成されるとともに、2 [kOe] 程度の外部磁場 H_{ex} では磁気還流構造が保たれることが理解される。

この3 [kOe] の磁場を発生させるために磁気リングユニット近傍に電流を流す場合、その電流は1 μ A以下にすることが可能であり、充分小さな電流により情報を磁気的に書き込むことができる。

【0034】

図6参照

図6は、参考のために示した従来の非偏心磁気リングユニットのヒステリシス特性の説明図であり、外部磁場 H_{ex} を0にした場合の残留磁化 M_r はほぼ $M_r \approx 0$ となり、回旋方向が不安定であるとともに、外部磁場によって容易に対向磁区構造に変化することが理解される。

【0035】

この様な磁気リングユニットを配列した磁気リングアレイは、磁気記録媒体として使用できるものであり、読み出しには、MFMのカンチレバーを用いれば良

い。

【0036】

次に、図7乃至図9を参照して、磁気リングユニットを磁気メモリセルとして用いた本発明の第2の実施の形態のMRAMを説明する。

図7参照

図7は本発明の第2の実施の形態のMRAMの概略的要部断面図であり、まずn型シリコン基板21の所定領域にp型ウエル領域22を形成するとともに、n型シリコン基板21を選択酸化することによって素子分離酸化膜23を形成したのち、素子形成領域にゲート絶縁膜24を介して読み出し用のセンス線25となるWSiからなるゲート電極を形成し、このゲート電極をマスクとしてAs等のイオンを注入することによってn-型LDD(Lightly Doped Drain)領域26を形成する。

【0037】

次いで、全面にSiO₂膜等を堆積させ、異方性エッチングを施すことによってサイドウォール27を形成したのち、再び、As等をイオン注入することによってn+型ドレイン領域28及びn+型ソース領域29を形成し、次いで、TEOS(Tetra-Ethyl-Ortho-Silicate)-NSG膜からなる厚い第1層間絶縁膜30を形成したのち、n+型ドレイン領域28及びn+型ソース領域29に達するコンタクトホールを形成し、このコンタクトホールをTi/TiNを介してWで埋め込むことによってWプラグ31, 32を形成する。

【0038】

次いで、例えば、全面にTiN/Al/TiNを堆積させたのちパターニングすることによって、接続導体33及びn+型ソース領域29に接続する接地線34を形成したのち、再び、TEOS-NSG膜からなる厚い第2層間絶縁膜35を形成し、次いで、接続導体33に達するコンタクトホールを形成し、このコンタクトホールをTi/TiNを介してWで埋め込むことによってWプラグ36を形成する。

【0039】

次いで、再び、全面にTiN/AI/TiNを堆積させたのちパターニングすることによって、接続導体37と書込み用のワード線38を形成したのち、再び、TEOS-NSG膜からなる第3層間絶縁膜39を形成し、次いで、接続導体37に達するコンタクトホールを形成し、このコンタクトホールをTi/TiNを介してWで埋め込むことによってWプラグ40を形成する。

【0040】

次いで、再び、全面にTiN/AI/TiNを堆積させたのちパターニングすることによって、下部電極41を形成したのち、再び、TEOS-NSG膜からなる厚い第4層間絶縁膜42を堆積させ、次いで、下部電極41が露出するまでCMP（化学機械研磨）して平坦化する。

【0041】

次いで、上記の第1の実施の形態と同様に、厚さが、例えば、100nmのフォトレジストを塗布し、露光・現像することによって偏心リング状凹部を形成したのち、厚さが、例えば、20nmのNiFe層44、厚さが、例えば、1nmのAl₂O₃からなるトンネル絶縁層45、及び、厚さが、例えば、20nmのCoFe層46を順次堆積させたのち、フォトレジストを除去することによって、NiFe/Al₂O₃/CoFe積層構造の磁気リングユニット43を形成する。

【0042】

この場合、磁気リングユニット43の偏心方向は、書込み用のワード線38と後述するビット線48とに電流を流した場合に形成される合成磁界の方向とほぼ直交する方向に一致させる。

【0043】

次いで、再び、TEOS-NSG膜からなる薄い第5層間絶縁膜47を堆積させたのち、CoFe層46が露出するまでCMPによって平坦化する。

次いで、全面に、TiN/AI/TiN構造の多層導電層を堆積させたのち、書込み用のワード線38と直交する方向に延在するようにパターニングしてビット線48を形成することによって、MRAMの基本構造が完成する。

【0044】

このMRAMに対して、書き込み用のワード線38とビット線48とに電流を流した場合に形成される合成磁界の方向と同じ方向の強い外部磁界を印加することにより、ピンド層となるCoFe層46の磁化方向を付与する。

【0045】

図8 (a) 参照

図8 (a) は、上述のMRAMの等価回路図であり、ワード線38とビット線48との交点に磁気リングユニット43が配置された構成となり、ビット線48の端部にはセンスアンプ50が接続された構造となる。

【0046】

図8 (b) 参照

図8 (b) は、磁気メモリセルの概念的構成図であり、磁気リングユニット43の上部がビット線48に接続され、下部がアクセストランジスタ49を構成するn⁺型ドレイン領域28に接続された構成となる。

【0047】

図9 (a) 参照

図9 (a) は、書き時の磁気メモリセルの概念的構成図であり、磁気リングユニット43への書き込みは、センス線25へのバイアスを0にしてアクセストランジスタ49をオフにした状態で、ビット線48と書き込み用ワード線38とにCoFe層46の磁気還流構造が破壊される電流値以下の電流を流し、発生する合成磁界がNiFe層44の回旋方向を決定することにより行なわれ、CoFe層46と同方向、または逆方向によって「1」または「0」のデータが書き込まれる。

【0048】

図9 (b) 参照

図9 (b) は、読み出時の磁気メモリセルの概念的構成図であり、磁気リングユニット43からの読み出しは、センス線25にV_{select}を印加してアクセストラニジスタ49をオンにした状態で、ビット線48にV_{read}を印加し、ビット線48に流れる電流をセンスアンプ50によって検知することによって、磁気リングユニット43に書き込まれた情報を読み出す。

【0049】

この場合、NiFe層44の回旋方向がCoFe層46の回旋方向と同方向である場合には低抵抗となり、逆方向である場合には高抵抗、例えば、低抵抗時の10～100%増加となるので、電流の大小を判定することで1ビットの記録を読み出すことができる。

【0050】

このように、本発明の第2の実施の形態においては、磁気抵抗効果素子を偏心リング状の磁気リングユニット43によって形成しているので、外部磁場を印加するだけで再現性良く磁化の回旋方向を制御することができ、それによって、MRAMにおける記憶保持時間の恒久化、高密度化が可能になる。

【0051】

以上、本発明の各実施の形態を説明してきたが、本発明は各実施の形態に記載された構成・条件に限られるものではなく、各種の変更が可能である。

例えば、上記の各実施の形態においては、偏心リングの内径形状を橢円状にして、偏心方向を橢円の短軸方向としているが、橢円の長軸方向を偏心方向としても良いものである。

【0052】

また、上記の各実施の形態においては、偏心リングの内径形状を橢円状にしているが、真円状でも良く、さらには、多角形状でも良く、いずれにしても内径の中心点が外径の中心点から偏心していれば良いものである。

【0053】

また、上記の各実施の形態においては、偏心リングの外径形状が真円状であるが、真円状に限られるものではなく、橢円状でも良く、さらには、多角形状でも良いものである。

【0054】

また、上記の第1の実施の形態においては、磁気リングをNiFeによって構成しているが、NiFeに限られるものではなく、Fe、FeSi、FeAlSi、Co、Ni、CoFe、CoFeB、La_{1-x}Sr_xMnO₃、La_{1-x}Ca_xMnO₃、GaAsMn等の軟磁性を示す磁性体を用いても良いものあり

、さらには、単層構造ではなく、NiFe／Co等の多層構造によって構成しても良いものである。

【0055】

また、上記の第2の実施の形態においては、NiFe／Al₂O₃／CoFe構造によって磁気リングユニットを構成しているが、一对の磁気リングの組成或いは組成比の組合せは任意であり、相対的に保磁力の高い材料で構成される磁気リングをピンド層として用い、相対的に保磁力の低い材料で構成される磁気リングをフリー層として用いれば良い。

この場合も一对の磁気リングを構成する磁性体としては、Fe、Co、Ni、NiFe、CoFe、CoFeB、CrO₂、La_{1-x}Sr_xMnO₃、La_{1-x}Ca_xMnO₃のような磁気モーメントの大きな磁性体を用いて適宜組み合わせれば良い。

【0056】

また、上記の第2の実施の形態においては、一对の磁気リングを単層の磁性体によって構成しているが、少なくとも一方の磁気リングをNiFe／Co等の多層構造によって構成しても良いものである。

【0057】

また、上記の第2の実施の形態においては、磁気リングユニットをTMR素子で構成しているが、GMR素子で構成しても良いものである、その場合には、Al₂O₃からなるトンネル絶縁膜をCu等の非磁性導電層に置き換えれば良い。

【0058】

また、上記の第2の実施の形態においては、磁気リングユニットを構成するピンド層に固定磁化を付与する際に、特定方向に均一な外部磁場を印加しているが、ワード線及びビット線にフリー層に磁化を付与する際より大きな電流を流してピンド層に固定磁化を付与しても良いものである。

【0059】

また、上記の第2の実施の形態においては、磁気リングユニットをNiFe／Al₂O₃／CoFe構造によって構成する際に、ピンド層とビット線が接続するように構成しているが、積層構造を反転させてフリー層とビット線とが接続す

るよう構成しても良いものである。

【0060】

また、上記の第2の実施の形態においては、磁気リングユニットをNiFe／Al₂O₃／CoFe構造によって構成しているが、ピンド層側に反強磁性層を接合させて、反強磁性層に付与された固定磁化によってピンド層の回旋方向をより安定にピン止めしても良いものである。

【0061】

この場合、反強磁性層としては、IrMn、PtMn、FeMn、Fe₂O₃、CrMnPt、TbCo、CrAs、NiMn、RhMn、PdPtMn、FeRh等の各種の反強磁性体を用いることができ、磁気リングユニットをリフトオフ法により形成する際に、ピンド層と接する順序で堆積させれば良い。

なお、この場合、反強磁性層に磁化を付与するためには、磁場を印加した状態で成膜したり、或いは、成膜後に磁場を印加した状態で熱処理を施せば良い。

【0062】

さらには、上述の特許文献3のように、ピンド層の一部に接するように、局所的に反強磁性層を設けても良いものである。

【0063】

また、上記の第2の実施の形態においては、アクセストランジスタ及び周辺回路等を半導体集積回路装置を用いて構成しているが、半導体集積回路装置に限られるものではなく、ジョセフソン接合を用いた超電導回路装置によってスイッチング素子及び周辺回路等を構成しても良いものである。

【0064】

また、上記の第2の実施の形態においては、フリー層／トンネル絶縁層／ピンド層からなる磁気リングユニットによってMRAMの磁気メモリセルを構成しているが、MRAMに限られるものではなく、GMR構造を含めた同様の磁気リングユニットによって情報保持能力を有する磁気センサを構成しても良いものである。

【0065】

また、上記の各実施の形態においては、偏心リングの外径を500nmとして

いるが、500 nmは単なる一例であり、リソグラフィー技術の進展とともに微小化されるものであり、現在においても実験室においては外径寸法が100 nm程度の偏心リングの作製は可能であり、したがって、ナノリングユニットとすることも可能である。

【0066】

【発明の効果】

本発明によれば、磁気リングユニットを偏心リング状にしているので、リフトオフ工程だけで、回旋方向を再現性良く制御することのできる磁気リングユニットの作製が可能になり、それによって、磁気的相互作用による微細化の限界の影響を受けない高密度磁気記録装置或いは磁気記憶装置の実現に寄与するところが大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の原理的構成の説明図である。

【図2】

本発明の第1の実施の形態の磁気リングユニットの途中までの製造工程の説明図である。

【図3】

本発明の第1の実施の形態の磁気リングユニットの図2以降の製造工程の説明図である。

【図4】

本発明の第1の実施の形態の磁気リングユニットの磁気モーメントの回転方向制御原理の説明図である。

【図5】

本発明の第1の実施の形態の磁気リングユニットのヒステリシス特性の説明図である。

【図6】

従来の非偏心磁気リングユニットのヒステリシス特性の説明図である。

【図7】

本発明の第2の実施の形態のMRAMの概略的要部断面図である。

【図8】

本発明の第2の実施の形態のMRAMの回路構成の説明図である。

【図9】

本発明の第2の実施の形態のMRAMにおける書き動作及び読み出動作の説明図である。

【図10】

ナノリングユニットの概念的構成図である。

【図11】

ナノリングユニットにおける対向磁区構造から磁気還流構造への変化の説明図である。

【符号の説明】

- 1 磁性体リング
- 2 磁壁
- 3 磁壁
- 1 1 シリコン基板
- 1 2 フォトレジスト層
- 1 3 リング状凹部
- 1 4 突起部
- 1 5 NiFe層
- 1 6 磁気リングユニット
- 1 7 磁壁
- 1 8 磁壁
- 1 9 リング幅の太い磁区
- 2 0 リング幅の細い磁区
- 2 1 n型シリコン基板
- 2 2 p型ウエル領域
- 2 3 素子分離酸化膜
- 2 4 ゲート絶縁膜

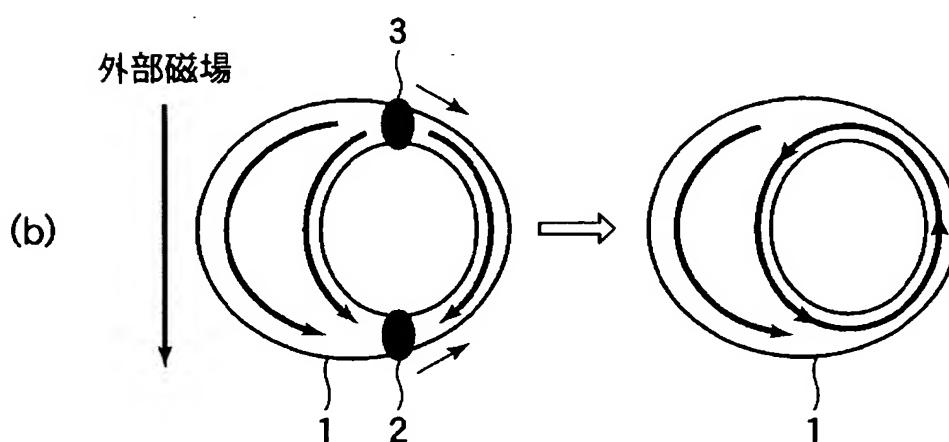
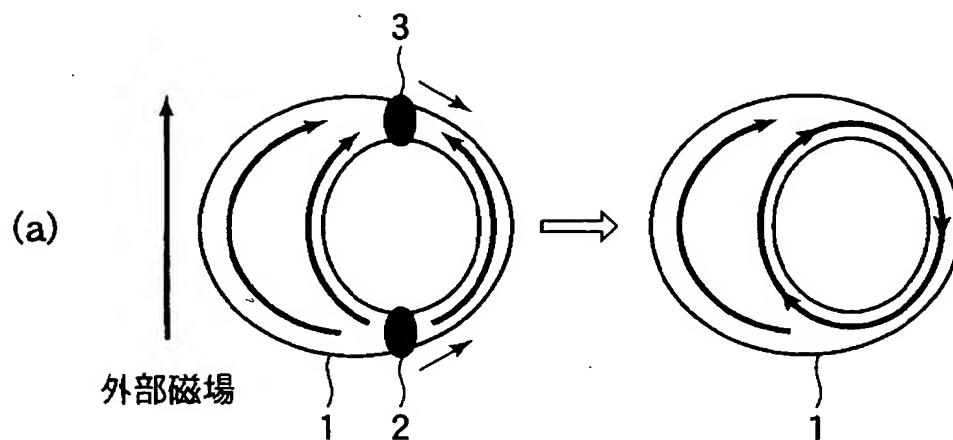
- 25 センス線
- 26 n-型LDD領域
- 27 サイドウォール
- 28 n+型ドレイン領域
- 29 n+型ソース領域
- 30 第1層間絶縁膜
- 31 Wプラグ
- 32 Wプラグ
- 33 接続導体
- 34 接地線
- 35 第2層間絶縁膜
- 36 Wプラグ
- 37 接続導体
- 38 ワード線
- 39 第3層間絶縁膜
- 40 Wプラグ
- 41 下部電極
- 42 第4層間絶縁膜
- 43 磁気リングユニット
- 44 NiFe層
- 45 トンネル絶縁層
- 46 CoFe層
- 47 第5層間絶縁膜
- 48 ビット線
- 49 アクセストランジスタ
- 50 センスアンプ

【書類名】

図面

【図1】

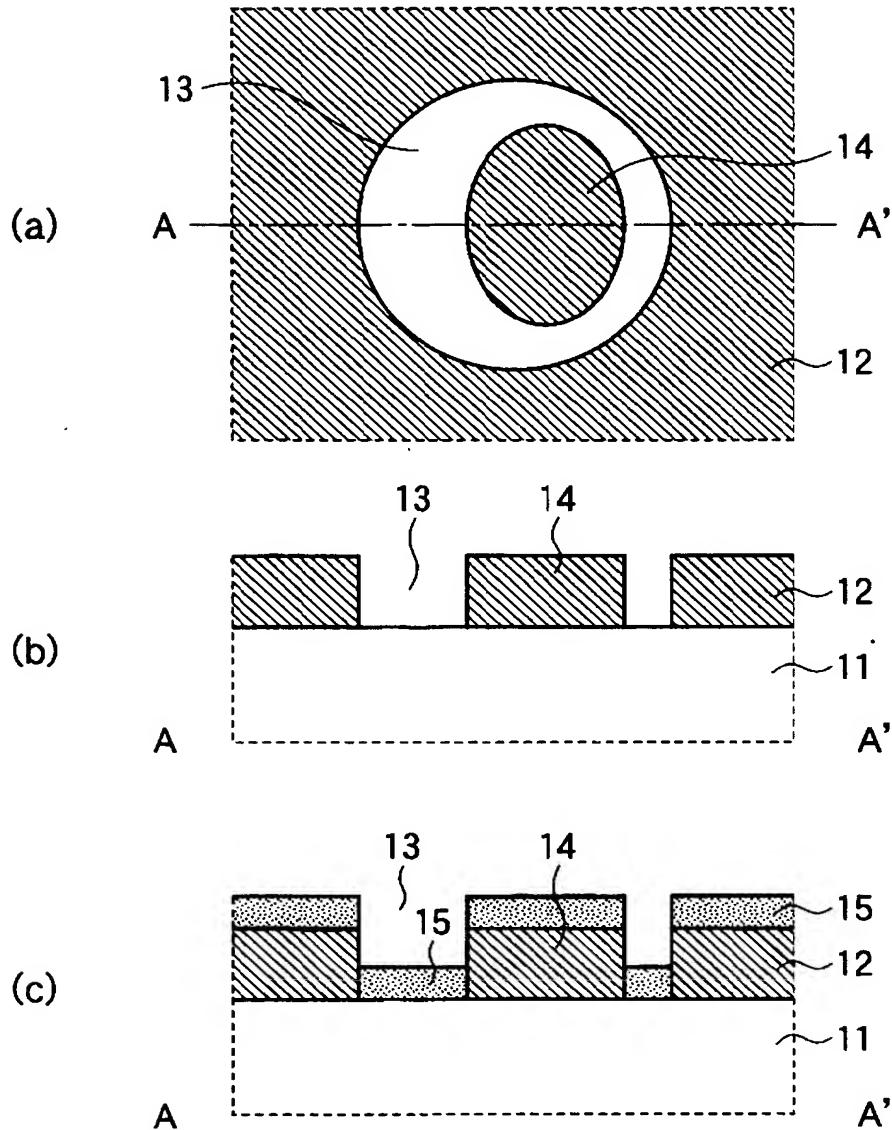
本発明の原理的構成の説明図



1: 磁性体リング 2: 磁壁 3: 磁壁

【図2】

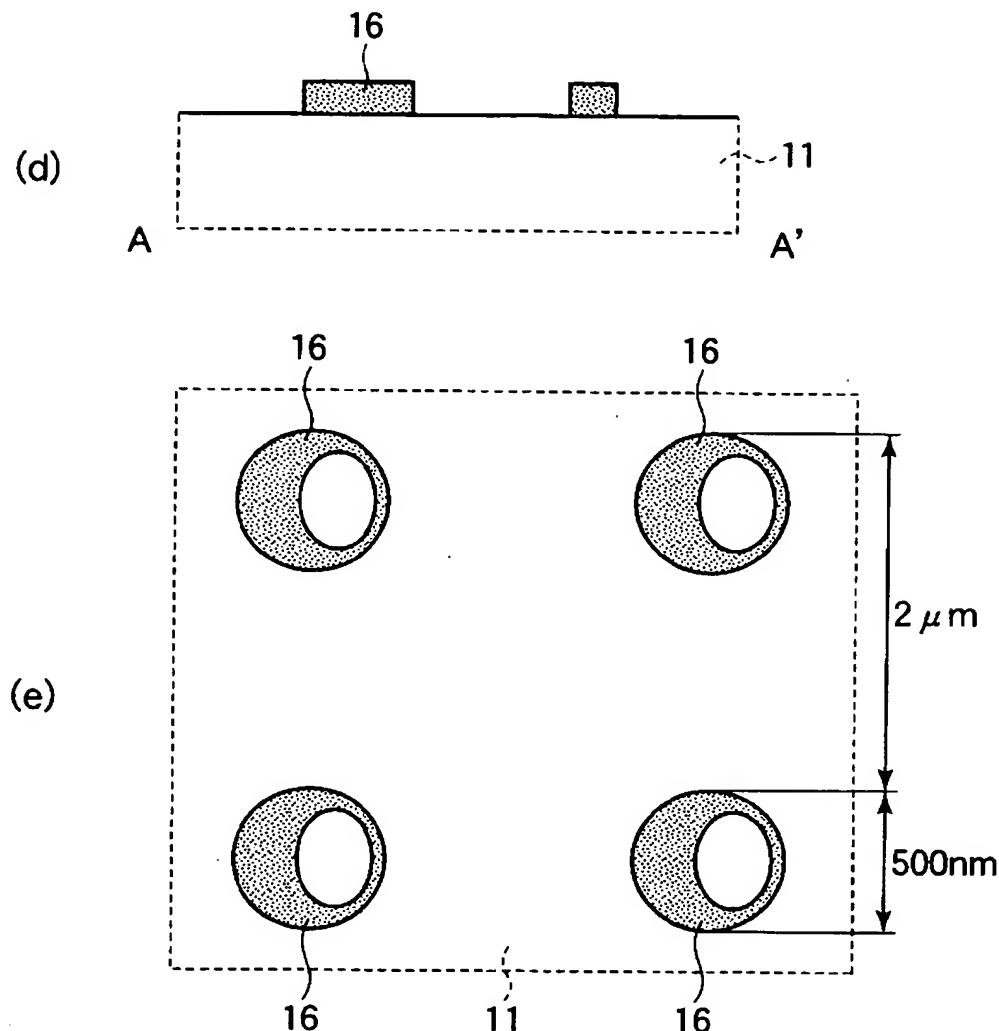
本発明の第1の実施の形態の磁気リングユニットの
途中までの製造工程の説明図



11 : シリコン基板	14 : 突起部
12 : フォトレジスト層	15 : NiFe層
13 : リング状凹部	

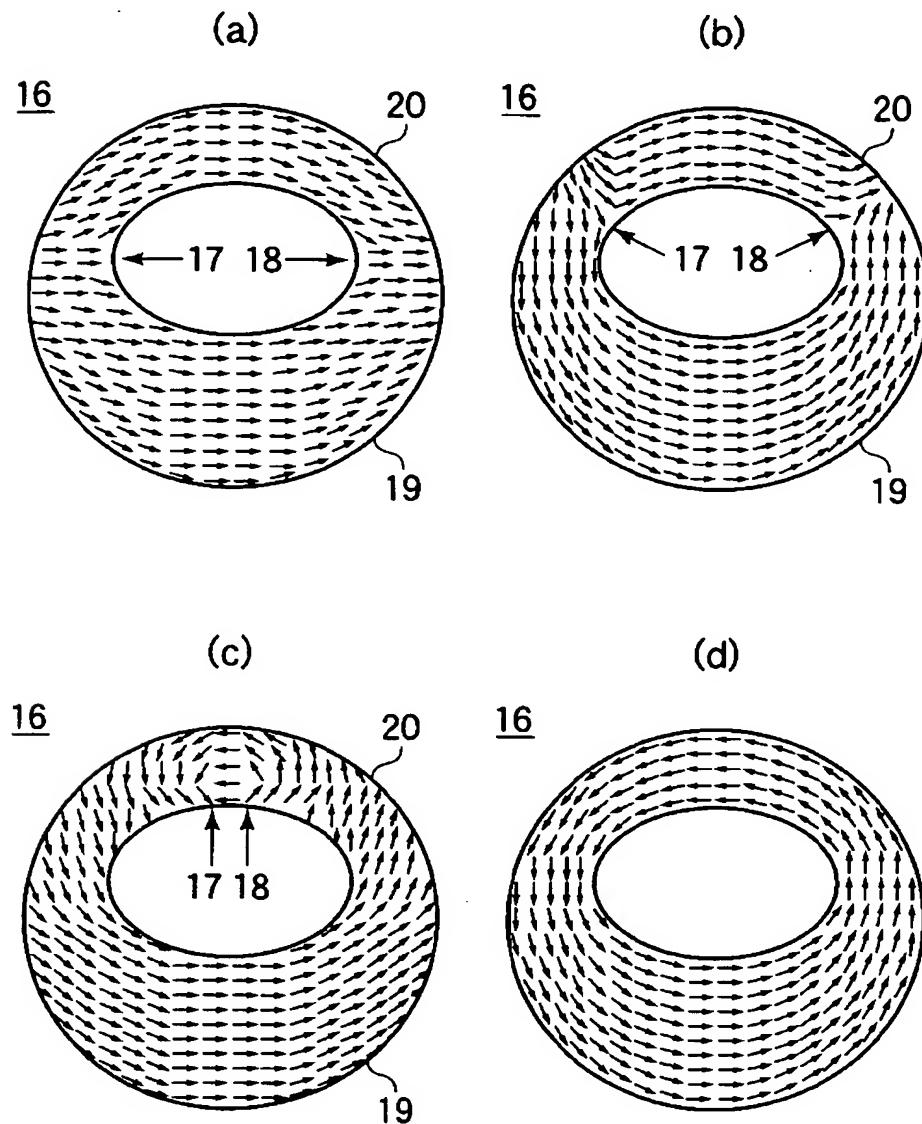
【図3】

本発明の第1の実施の形態の磁気リングユニットの
図2以降の製造工程の説明図



11：シリコン基板 16：磁気リングユニット

【図4】

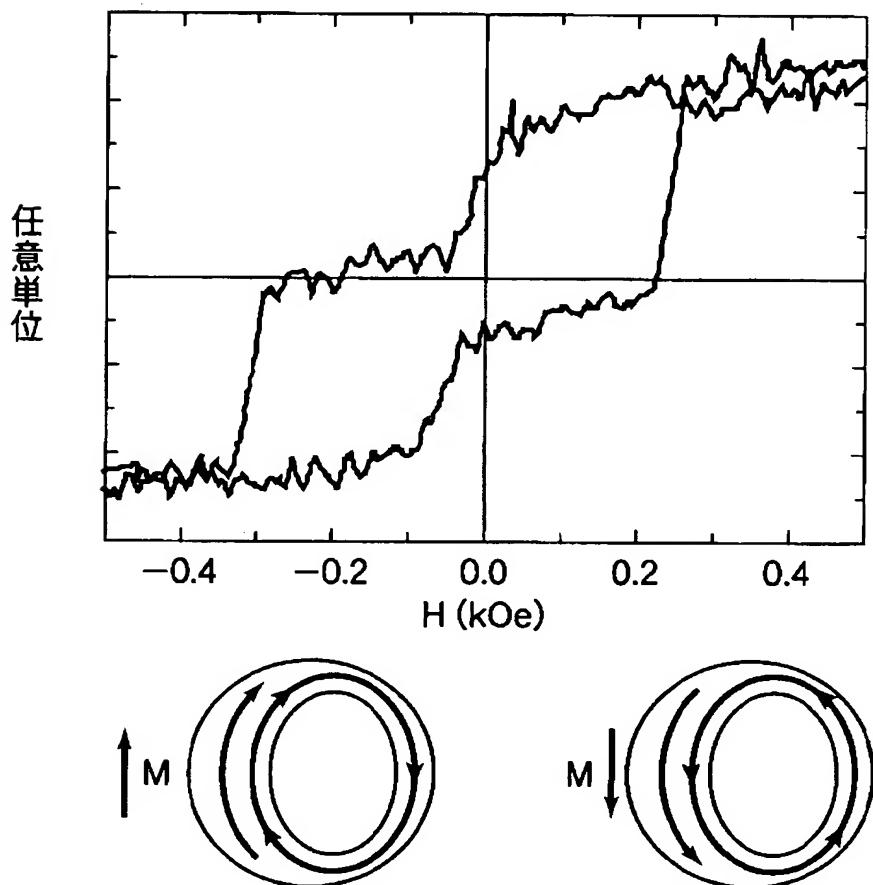
本発明の第1の実施の形態の磁気リングユニットの
磁気モーメントの回転方向制御原理の説明図

16: 磁気リングユニット
17: 磁壁
18: 磁壁

19: リング幅の太い磁区
20: リング幅の細い磁区

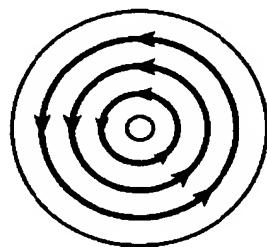
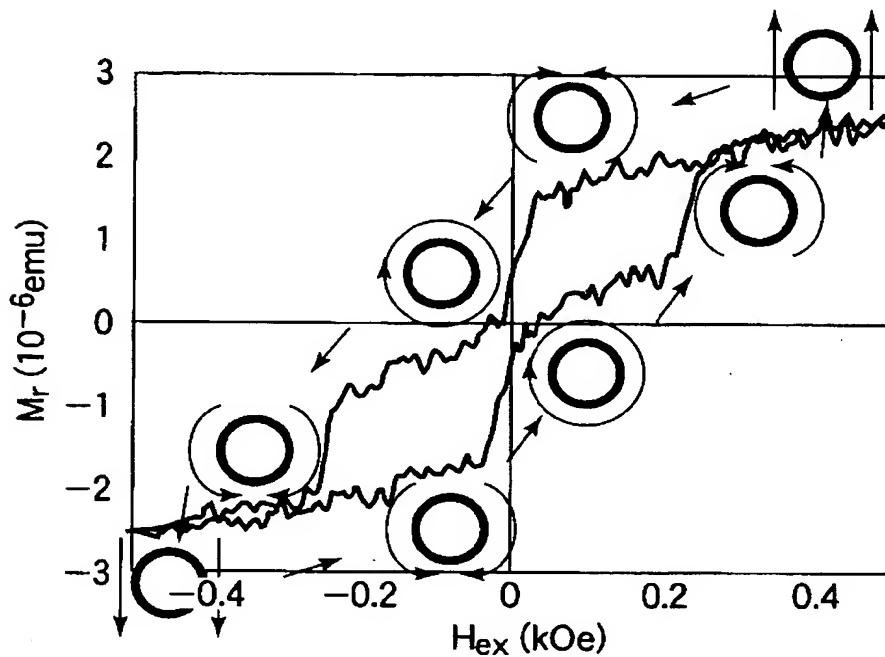
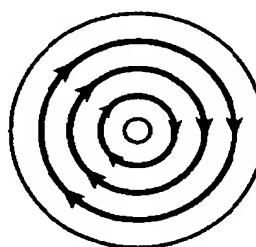
【図5】

本発明の第1の実施の形態の磁気リングユニットの
ヒステリシス特性の説明図



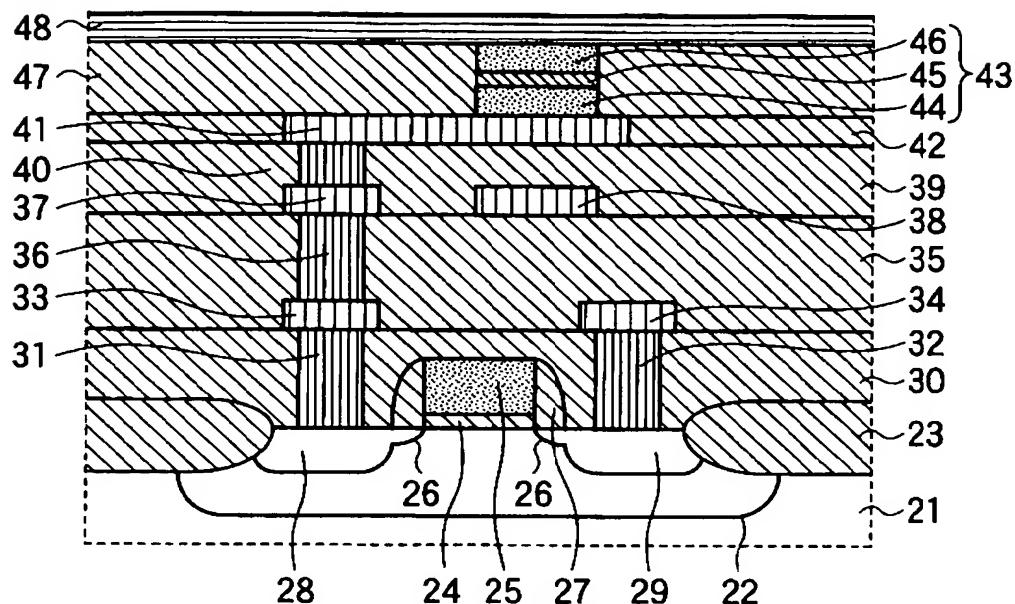
【図6】

従来の非偏心磁気リングユニットのヒステリシス特性の説明図

 $M_r = 0$ 

【図 7】

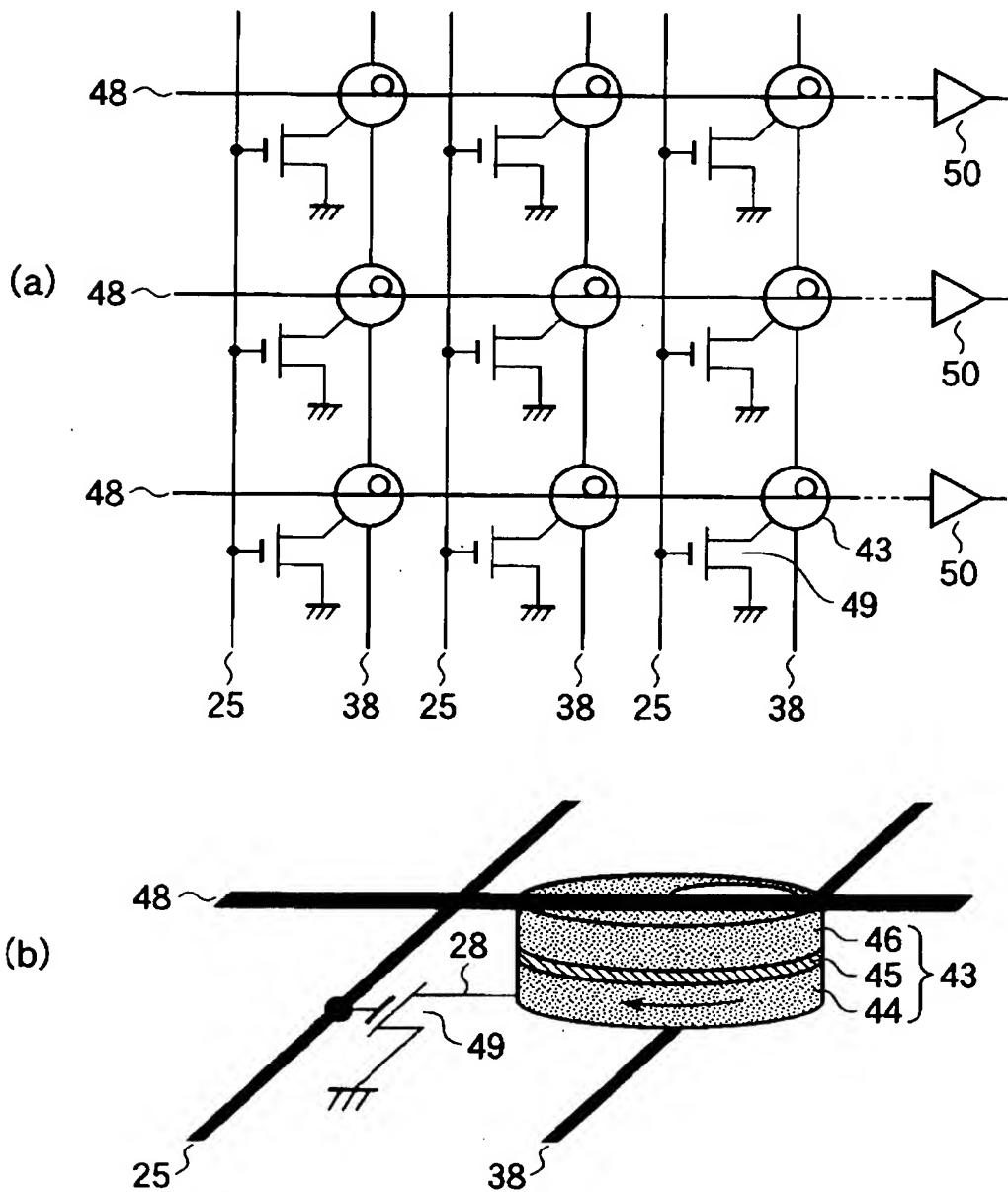
本発明の第2の実施の形態のMRAMの概略的要部断面図



21 : n型シリコン基板	35 : 第2層間絶縁膜
22 : p型ウエル領域	36 : Wプラグ
23 : 素子分離酸化膜	37 : 接続導体
24 : ゲート絶縁膜	38 : ワード線
25 : センス線	39 : 第3層間絶縁膜
26 : n ⁻ 型LDD領域	40 : Wプラグ
27 : サイドウォール	41 : 下部電極
28 : n ⁺ 型ドレイン領域	42 : 第4層間絶縁膜
29 : n ⁺ 型ソース領域	43 : 磁気リングユニット
30 : 第1層間絶縁膜	44 : NiFe層
31 : Wプラグ	45 : トンネル絶縁膜
32 : Wプラグ	46 : CoFe層
33 : 接続導体	47 : 第5層間絶縁膜
34 : 接地線	48 : ビット線

【図8】

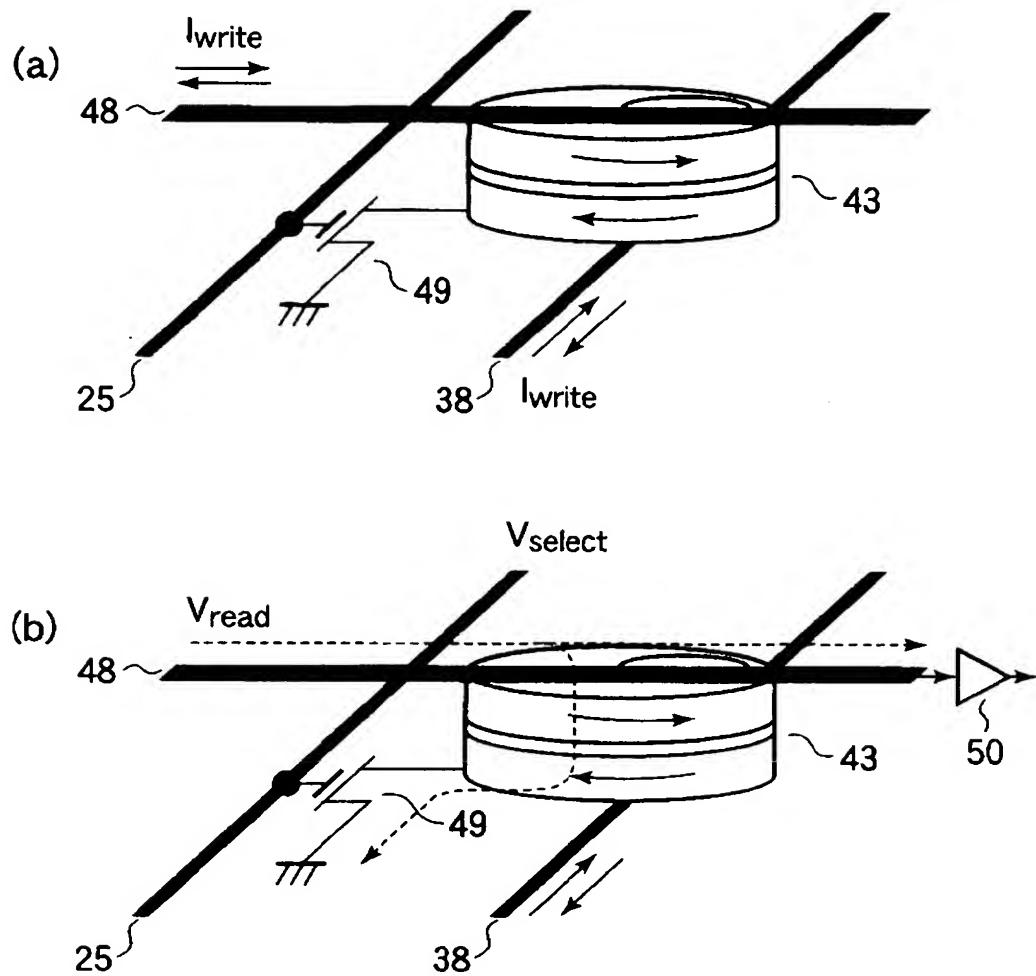
本発明の第2の実施の形態のMRAMの回路構成の説明図



25 : センス線	45 : トンネル絶縁膜
28 : n^+ 型ドレイン領域	46 : CoFe層
38 : ワード線	48 : ビット線
43 : 磁気リングユニット	49 : アクセストランジスタ
44 : NiFe層	50 : センスアンプ

【図9】

本発明の第2の実施の形態のMRAMにおける
書込動作及び読出動作の説明図



25 : センス線

48 : ビット線

38 : ワード線

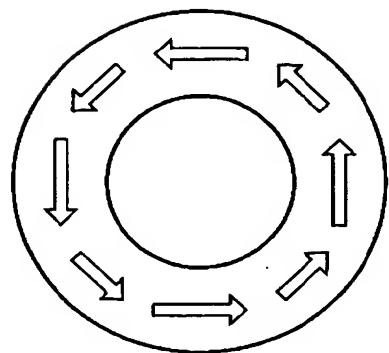
49 : アクセストランジスタ

43 : 磁気リングユニット

50 : センスアンプ

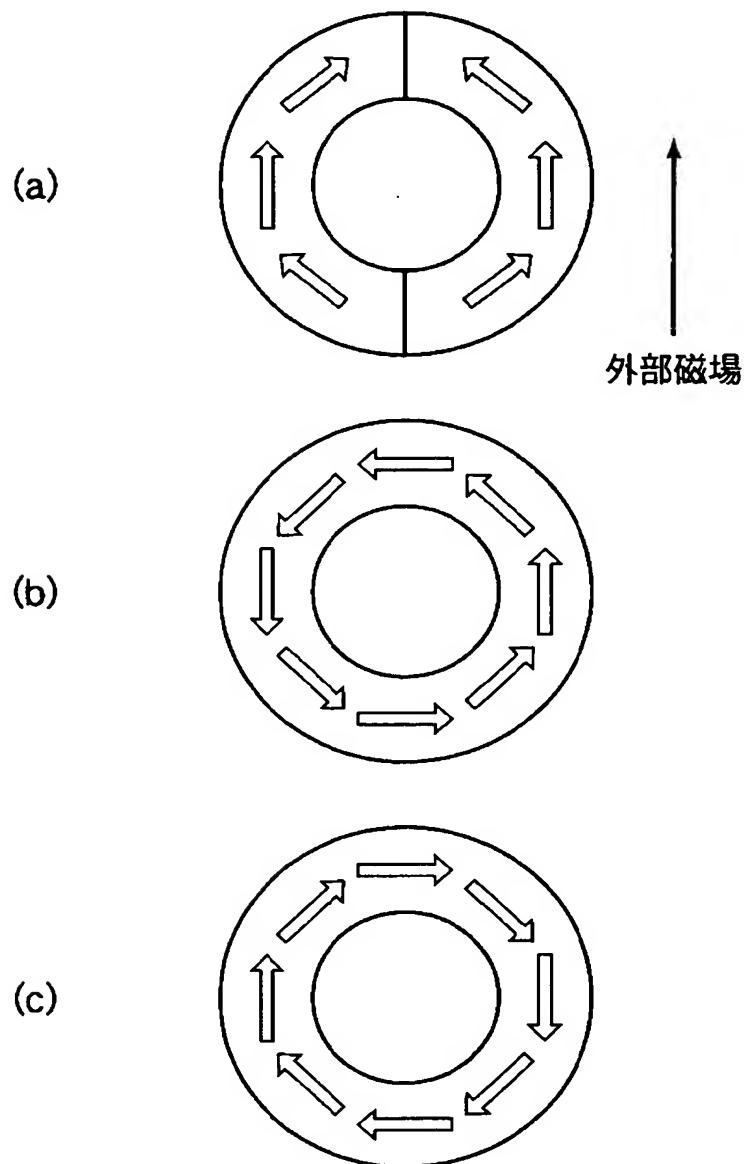
【図10】

ナノリングユニットの概略的構成図



【図11】

ナノリングユニットにおける対向磁区構造から
磁気還流構造への変化の説明図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁気リングユニット及び磁気メモリ装置に関し、ピン止め等の熱過程を用いずに簡単な構造により磁束の回旋方向を自由に且つ再現性良く制御する。

【解決手段】 外径の中心点に対して内径の中心点が偏心した位置にある偏心リング状の磁性体リング1により磁気リングユニットを構成する。

【選択図】 図1

特願 2003-118198

出願人履歴情報

識別番号 [899000079]

1. 変更年月日 1999年 9月17日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区三田2丁目15番45号

氏 名 学校法人慶應義塾